Identifikasi Sifat Fisik, Kimia, dan Sensoris Klon-klon Harapan Ubijalar Kaya Antosianin

Erliana Ginting, Rahmi Yulifianti, M. Jusuf, dan Made J. Mejaya

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Jl. Raya Kendalpayak km 8, Malang, Jawa Timur
Email: erlianaginting@yahoo.com

Naskah diterima 5 Maret 2014 dan disetujui diterbitkan 16 September 2014

ABSTRACT. Identification of Physical, Chemical, and Sensorial Characteristics of Rich-anthocyanins Promising Clones of Sweet Potato. *Breeding for sweet potato varieties rich in anthocyanins is essential to promote the use of sweet potato as functional food as well as to support food diversification program. This study was performed to identify physical, chemical, and sensorial characteristics of 10 promising clones of purple-fleshed sweet potato and two varieties (Ayamurasaki and Antin 1) as checks, at the Food Chemistry and Processing Laboratory of ILETRI, Malang from November until December 2012. The trial was arranged in a completely randomized design with three replicates. Observations included physical and chemical characteristics of the fresh roots and sensory attributes of the steamed roots using hedonic test of 20 panelists. The flesh colour varied from white/yellow purplish, purple up to dark purple. The lightness colour (L*) of root flesh was negatively correlated with total anthocyanins (R2 = 0.81), which varied from 1.86 mg (MSU 06044-05) up to 123.92 mg equivalent to cyanidin 3-glycoside/100 g fw (MSU 06046-48). Three clones, namely MSU 06046-48, MSU 06028-71, and MIS 0601-179 had higher total anthocyanins than that of Ayamurasaki (70.41mg/100 g fw) as a check. Moisture, ash, crude fiber, reducing sugar, amylose, and starch contents also varied among clones, ranged from 67.7 to 75.8%; 2.8 to 3.9% dw; 2.5 to 4.8%; 0.9 to 4.4% dw; 20.0 to 27.4% dw and 50.3 to 66.6% dw, respectively. MIS 0601-179 clone had the highest dry matter and starch contents (40.05% dw and 66.64% dw) which were suitable for flour ingredient. The steamed roots of MSU 06044-05 (yellow purplish) gave the highest scores of panelist preferences on colour, texture and taste attributes, followed by MIS 0601-179, Ayamurasaki, and MSU 06028-71 (purple). The bitter taste of MSU 06046-48 steamed roots associated with the highest anthocyanins content was slightly disliked, suggesting that this clone needs an alternative preparation method other than steaming.*

Keywords: Sweet potato, anthocyanins, physical, chemical, sensory properties.

ABSTRAK. Perakitan varietas unggul ubijalar kaya antosianin mendukung pemanfaatannya sebagai pangan fungsional sekaligus diversifikasi pangan berbasis sumber daya lokal. Untuk itu dilakukan penelitian sifat fisik, kimia, dan sensoris 10 klon harapan ubijalar ungu dan dua varietas pembanding (Antin 1 dan Ayamurasaki) di Laboratorium Kimia dan Teknologi Pangan Balitkabi, Malang, pada bulan November-Desember 2012. Klon/varietas tersebut ditanam pada MK II 2012 di Tumpang, Malang, dan dipanen pada umur 4,5 bulan. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap, tiga ulangan. Pengamatan meliputi warna dan komposisi kimia umbi segar serta sifat sensoris umbi kukus dengan uji Hedonik melibatkan 20 panelis. Warna daging umbi bervariasi dari putih/orange sembur ungu, ungu hingga ungu tua. Tingkat kecerahan warna (L*) umbi berkorelasi negatif dengan total antosianin (*R2* = 0,81) yang nilainya berkisar dari 1,86 mg (MSU 06044-05) hingga 123,92 mg, setara sianidin 3-glukosida/100 g bb (MSU 06046-48). Klon MSU 06046-48, MSU 06028-71, dan MIS 0601-179 memiliki total antosianin lebih tinggi daripada varietas pembanding Ayamurasaki (70,41mg/100 g bb). Kadar air, abu, serat, gula reduksi, amilosa, dan pati umbi juga bervariasi antarklon/varietas dengan kisaran 67,7-75,8%; 2,8-3,9% bk; 2,5-4,8% bk; 0,9-4,4% bk; 20,0-27,4% bk dan 50,3-66,6% bk. Klon MIS 0601-179 memiliki kadar bahan kering dan pati tertinggi (40,1% dan 66,6% bk), sesuai untuk bahan baku tepung. Warna, rasa, dan tekstur umbi kukus klon MSU 06044-05 (kuning keunguan) paling disukai, diikuti oleh MIS 0601-179, Ayamurasaki, dan MSU 06028-71 (ketiganya berwarna ungu). Rasa umbi kukus klon MSU 06046-48 (kadar antosianin tertinggi) kurang disukai karena agak pahit/sepat sehingga memerlukan alternatif pengolahan selain dikukus.

Kata kunci: Ubijalar, antosianin, fisik, kimia, sensoris.

Antosianin pada ubijalar memiliki kemampuan yang tinggi sebagai antioksidan dan penangkap radikal bebas (Oki *et al.* 2002, Philpott *et al.* 2004, Teow *et al.* 2007, Mei and Meng 2009, Rumbaoa *et al.* 2009), lebih tinggi dibandingkan dengan biji kedelai hitam, beras hitam, dan terong ungu (Suda *et al.* 2003) serta kubis merah, kulit anggur, *elderberry*, jagung ungu, dan vitamin C (Kano *et al.* 2005). Kemampuan ini berperan dalam mencegah terjadinya penuaan dini (Jang *et al.* 2005) dan penyakit degeneratif, seperti aterosklerosis (Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos 2002, Suda *et al.* 2003, Miyazaki *et al.* 2008, Steed and Truong 2008), dan kanker (Soyoung 2012, Lim *et al.* 2013). Antosianin pada ubijalar juga memiliki kemampuan sebagai antimutagenik dan antikarsinogenik (Yamakawa and Yoshimoto 2002, Saigusa *et al.* 2005), mencegah gangguan pada fungsi hati (Suda *et al.* 2003, Suda *et al.* 2008, Choi *et al.* 2009, Hwang *et al.* 2011), antihipertensi (Suda *et al.* 2003, Kobayashi *et al.* 2005), menurunkan kadar gula (antihiperglisemik) (Matsui *et al.* 2002, Suda *et al.* 2003) dan total kolesterol darah (Jawi dan Budiasa 2011), memperbaiki daya ingat (Cho *et al.* 2003, Wu *et al.* 2008, Kwak *et al.* 2010), antiperadangan

(Zhang *et al.* 2009, Wang *et al.* 2010), dan antimikrobia (Noda and Horiuchi 2008, Boo *et al.* 2012).

Ubijalar ungu varietas Ayamurasaki asal Jepang mengandung 60 mg antosianin, setara dengan peonidin 3-caffeoilsoforosida-5-glikosida/100 g bb (Furuta *et al.* 1998 *dalam* Suda *et al.* 2003). Delapan komponen utama antosianin dalam bentuk asil peonidin dan sianidin telah diidentifikasi keberadaannya pada varietas tersebut. Kandungan antosianin yang lebih tinggi (200 mg/100 g bb) dilaporkan oleh Woolfe (1992), Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos (2002), serta Cisneros-Zevallos and Cevallos-Casals (2003) pada ubijalar ungu dan merah asal Andean, Peru (211-243 mg, setara dengan sianidin-3-glikosida/100 g bb dan 182 mg/100 g bb) dan Wang *et al.* (2011) pada ubijalar ungu asal Korea (101,83 mg/100 g bb). Ubijalar ungu asal Amerika Serikat memiliki kadar antosianin yang lebih bervariasi, berkisar antara 24,6-45,1 mg/100 g bb (Teow *et al.* 2007), 33,7-96,8 mg/100 g bb (Truong *et al.* 2010), 80,2-107,8 mg/100 g bb (Steed 2007), 174,7 mg/100 g bb (Steed and Truong 2008) hingga 210 mg/100 g bb (Truong *et al.* 2012).

Kandungan antosianin ubijalar ungu tidak kalah dibandingkan dengan *blueberry* yang nilainya 185-396 mg, setara sianidin 3-glikosida/100 g bb (Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos 2002) dan 249 mg /100 g bb (Howard *et al.* 2003), *blackberry* 83-765 mg/100 g bb (Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos 2002), *blackcurrant* 156-1.064 mg/100 g bb (Iversen 1999), dan buah-buahan serta sayuran berwarna merah/ungu 2-600 mg/100 g bb (Worldstat 2000 *dalam* Teow *et al.* 2007). Antosianin ubijalar ungu juga lebih stabil terhadap panas dan radiasi ultraviolet dibandingkan dengan antosianin yang berasal dari strawberi, *raspberry*, apel, dan kedelai hitam karena struktur kimianya (peonidin dan sianidin) dominan dalam bentuk asil (Suda *et al*. 2003). Hal ini menyebabkan retensi antosianin ubijalar ungu relatif tinggi pada proses pengolahan dan potensial digunakan sebagai bahan pewarna alami (Wrolstad 2004, Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos 2004).

Ubijalar ungu di Indonesia terdiri atas varietas lokal, introduksi, unggul, dan klon-klon harapan hasil persilangan yang berbeda intensitas warna ungu daging umbinya. Yamagawamurasaki dan Ayamurasaki merupakan varietas ubijalar ungu yang populer dan intensif dibudidayakan di Jepang (Suda *et al.* 2003). Kedua varietas tersebut telah dikembangkan secara komersial di beberapa daerah di Indonesia, terutama di Jawa Timur dengan potensi hasil 15-20 t/ha. Beberapa varietas lokal juga memiliki daging umbi berwarna ungu, hanya intensitas warnanya masih di bawah Ayamurasaki. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah melepas varietas Antin 1 dengan warna daging umbi putih keunguan (putih *sembur* ungu) yang sesuai untuk bahan baku keripik (Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian 2012). Di samping itu, tersedia sejumlah klon harapan yang berpotensi dilepas sebagai varietas ubijalar kaya antosianin dengan potensi hasil >25 t/ha dan kadar bahan kering tinggi (> 30%) (Jusuf *et al.* 2004).

Informasi nilai gizi dan kesesuaian pemanfaatan klon-klon harapan ubijalar ungu tersebut sebagai bahan pangan diperlukan dalam pelepasannya sebagai varietas unggul dan pemanfaatannya sebagai pangan fungsional yang fleksibel untuk diolah menjadi beragam produk yang menarik (Ginting *et al.* 2011). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat fisik, kimia (termasuk kandungan antosianin), dan sensoris 10 klon harapan ubijalar ungu. Hasil penelitian diharapkan berguna bagi pemulia tanaman dan pengguna, terutama industri makanan berbasis ubijalar untuk pengembangan dan pemanfaatannya sebagai pangan sehat.

BAHAN DAN METODE

Bahan berupa umbi segar diperoleh dari percobaan multilokasi 10 klon harapan ubijalar ungu yang potensi hasilnya tinggi (> 35 t/ha) dan varietas pembanding Ayamurasaki (ungu) dan Antin 1 (putih keunguan). Klon/varietas tersebut ditanam pada MK II 2012 di Tumpang, Malang, dan dipanen pada umur optimum (4-4,5 bulan). Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia dan Teknologi Pangan Balitkabi, Malang, dari bulan November hingga Desember 2012. Percobaan disusun menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan dan 12 klon/varietas ubijalar ungu sebagai perlakuan.

Warna daging umbi diamati pada potongan melintang bagian tengah umbi (tebal 1 cm) secara visual dan menggunakan *colour reader* Minolta CR-200b (L*, a*, dan b*). Pengamatan terhadap komposisi kimia umbi segar meliputi (1) kadar bahan kering (diambil pada bagian tengah umbi, dipotong-potong kecil, sebanyak 100 g dikeringkan dalam oven suhu 55-60^{o}C selama 24 jam dan ditimbang), (2) kadar air (metode gravimetri) menurut SNI 01-2891-1992 (Badan Standarisasi Nasional 1992), (3) gula reduksi (metode Nelson-Somogy), (4) pati (hidrolisis asam dilanjutkan dengan metode Nelson-Somogy), dan (5) serat kasar (metode hidrolisis asam basa), ketiganya mengikuti prosedur Sudarmadji *et al.* (1997) *dalam* Ginting *et al.* (2005), (6) amilosa (Juliano 1979 *dalam* Ginting *et al.* 2005), (7) kadar antosianin dengan cara ekstraksi mengikuti Lestario *et al.* (2005) dan deteksi mengikuti metode perbedaan pH dengan spektrofotometer pada λ = 520 nm (pH 1,0) dan λ = 700 nm (pH 4,5) (Lee *et al.*

2005). Total antosianin (mg/100 g) dihitung setara dengan sianidin 3-glikosida (BM = 449,2 g/mol).

Data dianalisis secara statistik menggunakan metode varian (Anova) dan dilanjutkan dengan uji BNT untuk melihat perbedaan antarperlakuan. Sifat sensoris umbi kukus (warna, tekstur, rasa dan kesan berserat) dianalisis dengan uji Hedonik yang melibatkan 20 panelis dengan skor kesukaan 1 (sangat tidak suka) sampai 5 (sangat suka).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Warna Daging Umbi

Warna daging umbi 12 klon/varietas ubijalar bervariasi dari putih dan kuning keunguan (kuning *sembur* ungu) hingga ungu tua. Klon MSU 06028-71 dan MSU 06014-51 memiliki warna daging umbi ungu tua/gelap yang ditunjukkan oleh nilai L* (tingkat kecerahan) terendah (Tabel 1). Warna ungu daging umbi kedua klon tersebut lebih gelap dibandingkan dengan varietas Ayamurasaki sebagai pembanding dan klon JP-23 yang memiliki nilai L* 38,7 (Ginting dan Utomo 2011). Sebaliknya, klon MSU 06044-05 dan MSU 06046-74 dengan warna daging umbi kuning muda keunguan memiliki nilai L* tertinggi atau paling cerah, bahkan lebih cerah dari varietas pembanding Antin 1. Enam klon lainnya memiliki warna daging umbi di antara keempat klon tersebut dengan kisaran nilai L* 38,57-54,80. Nilai L* ini sedikit lebih sempit kisarannya dibandingkan dengan 23 kultivar ubijalar ungu asal Amerika Serikat yang berkisar antara 36,31-77,64 dengan kadar antosianin 2-210 mg/100 g bb (Truong *et al.* 2012).

Nilai kemerahan warna daging umbi (a*) tertinggi tampak pada klon MIS 0612-73 dan MIS 0601-22 dan nilai kekuningan (b*) pada klon MSU 06046-74, diikuti oleh klon MSU 06044-05 (Tabel 1). Dua klon terakhir ini memiliki warna daging umbi kuning keunguan, sehingga nilai b* juga tinggi. Perbedaan warna masing-masing klon/varietas tersebut ditentukan oleh perbandingan antara peonidin dan sianidin sebagai komponen utama antosianin ubijalar ungu (Suda *et al.* 2003, Montilla *et al.* 2010). Yoshinaga *et al.* (2000) dan Montilla *et al.* (2011) melaporkan bahwa umbi dengan proporsi peonidin lebih besar (>1,0) berwarna ungu kemerahan, dan berwarna ungu kebiruan jika sianidin lebih dominan.

Warna daging umbi berpengaruh terhadap kesesuaiannya untuk diolah menjadi produk pangan. Varietas Antin 1 yang memiliki daging umbi putih keunguan sesuai untuk bahan baku keripik karena kenampakannya cukup disukai panelis (Ginting *et al.* 2011). Klon MSU 06046-74 dan MSU 06044-05 dengan warna daging umbi kuning keunguan tampaknya juga memiliki peluang yang sama untuk dijadikan bahan baku keripik. Umbi dengan warna ungu kemerahan sesuai untuk produk kue basah, mie, dan jus. Umbi yang berwarna ungu tua sesuai untuk bahan baku tepung dan pewarna alami (Ginting *et al.* 2011).

Tabel 1. Warna daging umbi 12 klon/varietas ubijalar ungu. Laboratorium Pangan Balitkabi, Malang, 2012.

Klon/varietas	Visual	Warna daging umbi		
		L *	a *	b *
MSU 06014-51	ungu ++++	37,37 h	29,30 fg	8,64 h
MSU 06028-71	ungu +++	37,10 h	30,27 ef	11,23 g
MSU 06044-05	kuning muda keunguan	77,07 a	26,93 h	38,80 b
MSU 06046-48	ungu +++	38,57 g	31,03 def	11,60 fg
MSU 06046-74	kuning muda keunguan	77,47 a	27,17 gh	41,53 a
MIS 0601-22	ungu ++	54,80 c	40,80 a	18,87 d
MIS 0601-179	ungu++++	44,30 ef	32,53 de	13,43 f
MIS 0612-73	ungu ++	50,57 d	40,77 a	15,77 e
MIS 0614-02	ungu +++	44,57 e	35,80 b	11,83 fg
MIS 0656-220	ungu++	43,27 f	37,07 b	12,80 fg
Ayamurasaki	ungu ++	43,27 f	35,00 bc	11,70 fg
Antin 1	putih keunguan	63,73 b	33,20 cd	23,37 c
BNT 5%	-	1,14	2,34	1,87
KK (%)	-	1,32	4,15	6,04

Angka selajur yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%.
Keterangan: L * : tingkat kecerahan dengan kisaran gelap (0) sampai terang (100)
a *: warna kehijauan (–100) sampai kemerahan (+100)
b *: warna kebiruan (–100) sampai kekuningan (+100)

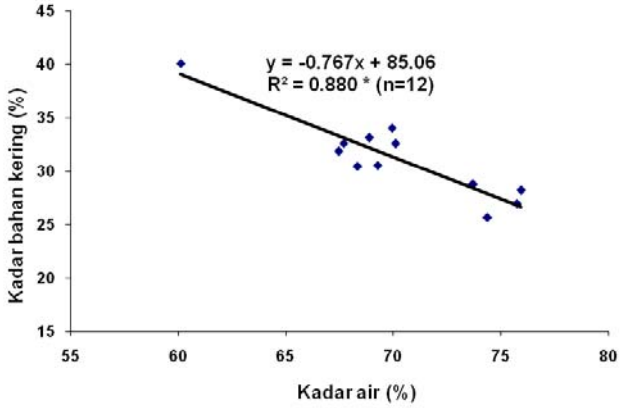
Komposisi Kimia Umbi

Kadar Air dan Bahan Kering

Kadar air umbi segar berbeda nyata antarklon/varietas ubijalar ungu dengan nilai tertinggi pada klon MIS 0612-73 dan MIS 0601-22 dan terendah pada klon MIS 0601-179 (Tabel 2). Perbedaan kadar air terutama disebabkan oleh perbedaan klon/varietas karena semuanya ditanam pada musim dan lokasi yang sama dengan cara budidaya yang sama pula. Kadar air umbi pada penelitian ini sedikit lebih rendah dibandingkan dengan delapan klon/varietas ubijalar ungu pada uji multilokasi sebelumnya yang memiliki kadar air 62,6-77,7% (Ginting *et al.* 2006a). Klon MIS 0601-22 dan MIS 0612-73 memiliki kadar air tertinggi pada penelitian ini (75,8-75,9%), lebih rendah dibandingkan dengan klon JP 46 (77,7%) pada penelitian Ginting *et al.* (2006a). Ubijalar memiliki kadar air tinggi apabila nilainya > 73,5% dan tergolong rendah apabila nilainya < 65,5% (Antarlina 1997). Dari 12 klon/varietas yang diamati, empat klon di antaranya memiliki kadar air tinggi, tujuh klon sedang (termasuk Ayamurasaki dan Antin sebagai varietas pembanding), dan satu klon rendah. Umbi dengan kadar air >70% memiliki tekstur basah dan lunak setelah direbus/dimasak dan bertekstur kering/bertepung bila kadar airnya < 60% (Onwueme 1978 *dalam* Ginting *et al.* 2006b).

Klon MIS 0601-179 memiliki kadar bahan kering tertinggi (40,1%) dan terendah (25,7 %) pada klon MIS 0614-02. Kadar bahan kering berkorelasi negatif dengan kadar air umbi segar (R^2 = 0,88) (Gambar 1). Delapan klon/varietas ubijalar ungu dari penelitian sebelumnya (Ginting *et al.* 2006a) memiliki kadar bahan kering lebih rendah dengan kisaran 24,7-36,4% dan juga berkorelasi negatif dengan kadar air umbi (R^2 = 0,95). Meski lebih rendah nilainya, kisaran kadar bahan kering ubijalar ungu asal Amerika Serikat relatif lebih sempit, yakni 30-38% (Steed and Truong 2008). Selain faktor genetis, perbedaan ini juga disebabkan oleh perbedaan kadar air umbi yang dipengaruhi oleh musim (hujan/kemarau) pada saat panen, lingkungan tumbuh, dan umur panen. Sekitar 80-90% penyusun bahan kering adalah karbohidrat, terutama pati, sedangkan sisanya serat (Benesi *et al.* 2004). Kadar serat umbi meningkat dengan meningkatnya umur panen.

Ubijalar memiliki kadar bahan kering yang tinggi bila nilainya > 34,5% dan sesuai untuk bahan baku tepung dan pati karena akan menghasilkan rendemen yang tinggi (Antarlina 1997). Klon MIS 0601-179 yang daging



Gambar 1. Hubungan antara kadar air dengan kadar bahan kering umbi segar 12 klon/varietas ubijalar ungu. Laboratorium Pangan Balitkabi, Malang, 2012.

Tabel 2. Kadar air, bahan kering, abu dan serat 12 klon/varietas ubijalar ungu. Laboratorium Pangan Balitkabi, Malang, 2012.

Klon/varietas	Kadar air (%)	Kadar bahan kering (%)	Kadar abu (% bk)	Kadar serat (% bk)
MSU 06014-51	67,5 g	31,9 d	3,5 bc	3,4 cde
MSU 06028-71	69,3 cd	30,5 e	3,4 d	3,6 b
MSU 06044-05	73,7 b	28,8 f	3,4 cd	3,4 cde
MSU 06046-48	68,9 de	34,0 b	3,2 e	3,4 bcd
MSU 06046-74	67,7 fg	32,6 c	3,4 bcd	2,8 f
MIS 0601-22	75,8 a	27,0 g	3,5 bcd	3,6 bc
MIS 0601-179	60,1 h	40,1 a	2,8 f	2,7 fg
MIS 0612-73	75,9 a	28,2 f	3,1 e	3,6 b
MIS 0614-02	74,4 b	25,7 h	3,9 a	4,8 a
MIS 0656-220	70,1 c	32,6 cd	3,5 b	3,1 e
Ayamurasaki	68,4 ef	30,5 e	3,2 e	3,2 de
Antin 1	68,9 de	33,1 c	3,1 e	2,5 g
BNT 5%	0,8	0,7	0,1	0,2
KK (%)	0,7	1,4	2,0	4,3

Angka selajur yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%.
bk = basis kering

umbinya berwarna ungu tua (Tabel 1) memiliki kadar bahan kering cukup tinggi, bahkan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Ayamurasaki dan Antin 1 (Tabel 2), sehingga potensial untuk bahan baku tepung. Tepung ubijalar ungu dapat mensubstitusi terigu sampai 50% pada beragam kue kering, *cake*, dan jajanan basah, demikian pula untuk produk rerotian dan mie (10-20%), dodol/jenang sebagai pengganti 50% tepung ketan dan 15% bahan es krim komersial (Ginting *et al.* 2011).

Kadar Abu dan Serat

Kadar abu yang merepresentasikan kadar mineral umbi berbeda nyata antarklon/varietas, meskipun variasinya kecil, yakni 2,8-3,9% bk (Tabel 2). Angka ini relatif sama dengan kadar abu delapan klon ubijalar ungu dari penelitian sebelumnya (3,1-3,8% bk) (Ginting *et al.* 2006a). Kadar abu ubijalar umumnya 3-4% bk (Woolfe 1992) dengan unsur kalium (K) dominan, diikuti P, Ca, Na, dan Mg (Bradbury and Halloway 1988 *dalam* Utomo dan Ginting 2012). Ubijalar memiliki kadar abu tinggi apabila nilainya > 3,8% bk dan tergolong rendah apabila nilainya < 2,9% bk (Antarlina 1997). Berdasarkan kriteria tersebut, satu klon memiliki kadar abu rendah, sedangkan sisanya tergolong sedang. Kadar abu tinggi berpengaruh terhadap warna/kenampakan produk yang dihasilkan (Mudjisihono 1988 *dalam* Ginting *et al.* 2005).

Kadar serat umbi juga berbeda nyata antarklon/varietas, meskipun kisarannya relatif sempit (2,5-4,8 % bk) dengan nilai tertinggi pada klon MIS 0614-02 dan terendah pada varietas Antin 1 (Tabel 2). Selain dipengaruhi oleh sifat genetik, kadar serat umbi juga dipengaruhi oleh umur panen dan lingkungan tumbuh (Antarlina 1997). Semakin lama ubijalar dipanen dari umur optimumnya, semakin meningkat kadar seratnya. Semua umbi dipanen pada umur optimum (4-4,5 bulan), sehingga faktor klon/varietas tampak lebih dominan.

Menurut Antarlina (1997), ubijalar memiliki kadar serat tinggi apabila nilainya > 4,0% bk dan tergolong rendah apabila nilainya <3,0% bk. Berdasarkan kriteria tersebut terdapat satu klon yang berkadar serat tinggi, tiga klon rendah, dan sisanya sedang. Ubijalar pada penelitian ini memiliki kadar serat relatif lebih tinggi dibandingkan dengan delapan klon/varietas ubijalar ungu hasil penelitian sebelumnya, yakni 1,9-3,1% bk (Ginting *et al.* 2006a).

Kadar Gula Reduksi, Pati, dan Amilosa

Kadar gula reduksi berkisar antara 0,9-4,4% bk dengan nilai tertinggi pada klon MIS 0612-73 (Tabel 3). Keragaman ini terutama disebabkan oleh perbedaan sifat genetis. Ubijalar memiliki kadar gula reduksi tinggi apabila nilainya > 6,8% bk dan rendah apabila nilainya < 3,9% bk (Antarlina 1997). Hanya satu klon yang kadar gula reduksinya sedang (MIS 0612-73), sedangkan sisanya tergolong rendah. Hal ini menunjukkan ubijalar ungu mengandung gula lebih rendah (kurang manis) dibandingkan dengan ubijalar orange yang nilainya dapat mencapai 8,2% bk pada varietas Beta 1 (Ginting *et al.* 2008). Di antara 10 klon yang diamati, empat klon memiliki kadar gula reduksi cukup rendah dan relatif sama dengan Antin 1, tiga klon lebih tinggi daripada Antin 1, dua klon relatif sama dan satu klon lebih tinggi daripada Ayamurasaki. Kadar gula reduksi pada penelitian ini relatif lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya pada delapan klon/varietas ubijalar ungu yang berkisar antara 1,5-5,3% bk (Ginting *et al.* 2006a).

Kadar pati umbi berbeda nyata antar klon/varietas ubijalar, berkisar antara 50,3-66,6% bk dengan nilai tertinggi pada klon MIS 0601-179, MSU 06046-74, MSU 06044-05, dan terendah pada MIS 0612-73, Ayamurasaki, MIS 0614-02, dan MSU 06028-71 (Tabel 3). Perbedaan ini berkaitan dengan kadar bahan kering umbi yang dipengaruhi oleh kadar air dan serat. Tiga klon memiliki kadar pati relatif sama dengan Antin 1, termasuk dua klon yang warna dagingnya kuning keunguan, mirip dengan Antin 1. Klon MIS 0601-179 dengan daging umbi berwarna ungu justru memiliki kadar pati lebih tinggi daripada Antin 1, sehingga sesuai untuk diolah menjadi tepung. Kadar pati klon MIS 0601-179 sesuai dengan kadar bahan keringnya yang juga tertinggi nilainya (Tabel 2).

Tabel 3. Kadar gula reduksi, pati, amilosa, dan antosianin 12 klon/varietas ubijalar ungu. Laboratorium Pangan Balitkabi, Malang, 2012.

Klon/varietas	Gula reduksi (% bk)	Pati (% bk)	Amilosa (% bk)	Antosianin[a] (mg/100 g bb)
MSU 06014-51	0,9 f	62,4 b	25,2 b	74,97 d
MSU 06028-71	1,3 ef	53,9 de	22,1 c	110,26 b
MSU 06044-05	1,2 ef	63,1 ab	25,0 b	1,86 i
MSU 06046-48	1,2 ef	57,6 c	22,0 cd	123,92 a
MSU 06046-74	2,0 d	64,9 ab	25,3 b	4,29 hi
MIS 0601-22	3,5 b	56,5 cd	20,8 ef	48,76 g
MIS 0601-179	1,5 e	66,6 a	24,7 b	82,04 c
MIS 0612-73	4,4 a	50,3 e	21,1 de	61,86 f
MIS 0614-02	3,1 c	50,6 e	20,0 f	65,21 ef
MIS 0656-220	2,3 d	56,4 cd	21,0 de	53,53 g
Ayamurasaki	3,2 bc	50,4 e	20,9 ef	70,41 de
Antin 1	1,0 f	62,0 b	27,4 a	7,96 h
BNT 5%	0,4	3,7	1,0	6,0
KK (%)	10,8	3,8	2,5	16,04

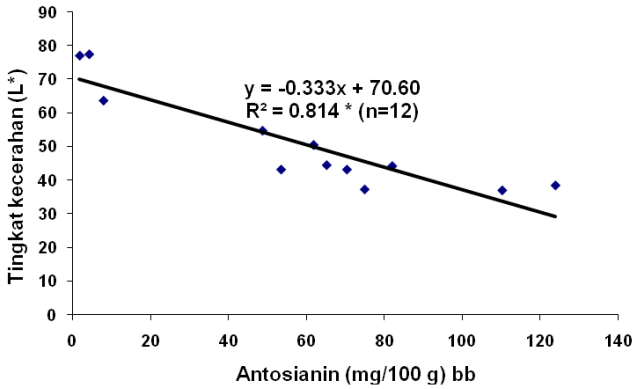
Angka selajur yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%

[a] setara sianidin-3 glikosida; bb = basis basah; bk = basis kering

Kadar amilosa umbi berkisar antara 20,0-27,4% bk dengan nilai tertinggi pada varietas Antin 1 (Tabel 3). Ubijalar memiliki kadar amilosa tinggi apabila nilainya >25% bk dan rendah apabila nilainya <19% bk (Utomo 2009). Kadar amilosa tiga klon tergolong tinggi, termasuk Antin 1, sedangkan sisanya tergolong sedang. Empat klon memiliki kadar amilosa relatif sama dengan varietas Ayamurasaki, namun tidak diperoleh klon yang nilainya sama dengan varietas Antin 1. Amilosa merupakan komponen penyusun pati, sehingga perbedaan tersebut dipengaruhi oleh kadar pati masing-masing klon/varietas dan perbandingan kadar amilosa/amilopektin. Kadar amilosa ubijalar pada penelitian ini relatif lebih tinggi dibandingkan dengan delapan klon/varietas ubijalar pada penelitian sebelumnya, berkisar antara 18,4-25,2% bk (Ginting *et al.* 2006a). Amilosa berperan dalam meningkatkan kemampuan pati untuk menyerap air, terutama saat dipanaskan sehingga turut menentukan pola gelatinisasi pati (suhu gelatinisasi, viskositas puncak dan viskositas balik). Makin tinggi kadar amilosa, makin tinggi pula kemampuannya menyerap air (Widowati *et al.* 1997 *dalam* Ginting *et al.* 2005).

Total Antosianin

Total antosianin berbeda nyata antarklon/varietas dari terendah 1,86 mg/100 g bb pada klon MSU 06044-05 hingga tertinggi 123,92 mg/100 g bb pada klon MSU 06046-48 (Tabel 3). Hal ini erat kaitannya dengan intensitas warna ungu daging umbi. Tingkat kecerahan warna daging umbi (nilai L*) berkorelasi negatif dengan kadar antosianin (R^2 = 0,81) (Gambar 2). Semakin kecil nilai L* (umbi berwarna ungu tua/gelap), semakin tinggi kadar antosianin. Fenomena yang sama juga dilaporkan oleh Fan *et al.* (2008) dengan r = -0,961. Dibandingkan dengan varietas Ayamurasaki, terdapat tiga klon yang total antosianinnya lebih tinggi, yakni MSU 06046-48, MSU 06028-71, dan MIS 0601-179 yang berpeluang sebagai calon varietas kaya antosianin dan dua klon yang nilainya relatif sama, yakni MSU 06014-51 dan MIS 0614-02. Dua klon ungu lainnya memiliki total antosianin di bawah Ayamurasaki, yakni 48-62 mg/100 g bb) (Tabel 3). Klon MSU 06046-74 dengan warna daging umbi kuning keunguan relatif sama total antosianinnya dengan Antin 1. Namun klon MSU 06044-05 yang warna daging umbinya juga kuning keunguan memiliki total antosianin lebih rendah, bahkan terendah dari semua klon pada penelitian ini. Total antosianin Ayamurasaki dan Antin 1 (klon MSU 01022-12) pada penelitian ini relatif konsisten dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang masing-masing 71,89 mg/100 g bb dan 8,64 mg/100 g bb, setara sianidin-3 glikosida (Ginting *et al.* 2006a).



Gambar 2. Hubungan antara kadar antosianin dengan tingkat kecerahan warna (L*) umbi segar 12 klon/varietas ubijalar ungu. Laboratorium Pangan Balitkabi, Malang, 2012.

Kadar antosianin tertinggi (123,92 mg/100 g bb) pada penelitian ini relatif lebih rendah dibandingkan dengan ubijalar ungu asal Peru yang nilainya 211-243 mg setara sianidin 3- glikosida/100 g bb (Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos 2002), namun lebih tinggi daripada ubijalar ungu asal Bali, Aceh, dan Taiwan (varietas TNG 73), masing-masing 110,51 mg/100 g bb (Suprapta *et al.* 2004), 61,85 mg/100 g bb (Husna *et al.* 2013), dan 90 mg/100 g bb (Huang *et al.* 2010). Perbedaan klon, musim, dan lingkungan tumbuh dapat menyebabkan perbedaan tersebut. Selain faktor genetik, kandungan antosianin umbi juga dipengaruhi oleh lingkungan, diantaranya cahaya, suhu, sumber N, dan serangan patogen serta zat pengatur tumbuh seperti sitokinin, GA, dan etilen (Kim and Kim 2003) serta tahap perkembangan umbi (Woolfe 1992).

Perbedaan pelarut dalam ekstraksi antosianin (Castaneda-Ovando *et al.* 2009), standar yang digunakan (setara sianidin atau peonidin) dan metode analisis (Montilla *et al.* 2011) juga berpengaruh terhadap kadar antosianin. Hal ini tampak dari hasil analisis total antosianin varietas Ayamurasaki dengan metode HPLC sebesar 60 mg, setara dengan *peonidin 3-caffeoylsophorosida-5-glykosida*/100 g bb (Suda *et al.* 2003), sedikit lebih rendah dibandingkan dengan Ayamurasaki pada penelitian ini (70,41 mg, setara dengan sianidin 3-glikosida/100 g bb) yang menggunakan metode perbedaan pH dan deteksi dengan spektrofotometer.

Sifat Sensoris Umbi Kukus

Warna

Warna umbi kukus lima klon/varietas ubijalar agak disukai, sedangkan sisanya cukup disukai, termasuk varietas Ayamurasaki dan Antin 1 (Tabel 4). Klon MSU 06044-05 dan MSU 06046-74 yang daging umbinya berwarna kuning keunguan relatif kurang disukai

dibandingkan dengan Antin 1 (putih keunguan). Tingkat kesukaan panelis terhadap warna umbi kukus klon MSU 06046-48 (kadar antosianin tertinggi) relatif sama dengan Ayamurasaki dan keduanya memiliki skor tertinggi.

Tekstur

Tekstur umbi kukus berkisar antara lunak hingga agak keras (Tabel 4). Lima klon/varietas memiliki tekstur lunak dan cukup disukai. Klon MSU 06044-05 (kuning keunguan) dan MIS 0601-179 (ungu) paling disukai teksturnya, diikuti oleh Antin 1, MSU 06014-51, dan MSU 06028-71. Klon MIS 0612-73, MIS 0601-22, dan MIS 0614-02 kurang disukai teksturnya. Hal ini dapat disebabkan oleh kadar air umbi segar yang relatif tinggi (Tabel 2), sehingga setelah dikukus teksturnya menjadi kurang kesat. Umbi dengan kadar air >70% umumnya memiliki tekstur lunak dan cenderung basah setelah dimasak (Onwueme 1978 *dalam* Ginting *et al.* 2006b).

Rasa

Rasa umbi kukus berkisar antara tidak disukai hingga disukai (Tabel 4). Klon MSU 06044-05 dan MSU 06046-74 (kuning keunguan) cukup disukai. Tampaknya panelis lebih menyukai rasa umbi kukus yang berasal dari klon/varietas ubijalar dengan kandungan antosianin rendah hingga sedang (< 70 mg/100 g bb). Klon MSU 06046-48 yang kandungan antosianinnya tertinggi kurang disukai. Hal ini berkaitan dengan rasa pahit/sepat yang berasosiasi dengan kandungan antosianin dan senyawa fenol pada ubijalar tersebut (Woolfe 1992). Fenomena yang sama juga diamati pada delapan klon/varietas ubijalar ungu pada penelitian sebelumnya (Ginting *et al.* 2006a). Tiga klon ungu yang disukai rasanya (MIS 0612-73, MIS 0656-220, dan Ayamurasaki) ternyata memiliki kadar gula reduksi yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan klon-klon yang kandungan antosianinnya lebih tinggi sehingga kemungkinan dapat menetralisir rasa pahit/sepat tersebut. Tampaknya klon-klon kaya antosianin dan fenol kurang sesuai untuk produk umbi kukus/konsumsi langsung, sehingga perlu alternatif penyajian, seperti dalam bentuk pasta yang dapat diolah menjadi saos, selai, mie, jus, *cake*, dan jajanan basah (Ginting *et al.* 2011).

Tabel 4. Tingkat kesukaan terhadap sifat sensoris umbi kukus 12 klon/varietas ubijalar ungu. Laboratorium Pangan Balitkabi, Malang, 2012.

Klon/varietas	Warna	Rasa	Tekstur	Kesukaan terhadap tekstur	Kesan berserat
MSU 06014-51	3,3	3,3	3,9	3,6	3,9
MSU 06028-71	3,6	3,2	3,6	3,6	3,7
MSU 06044-05	3,0	4,0	4,0	4,0	3,7
MSU 06046-48	3,9	2,4	2,9	2,9	2,7
MSU 06046-74	2,5	3,6	3,4	3,4	3,8
MIS 0601-22	3,5	2,8	2,9	2,9	3,3
MIS 0601-179	3,5	3,4	4,0	3,8	3,8
MIS 0612-73	3,6	3,6	2,7	2,9	2,8
MIS 0614-02	3,4	3,0	3,0	2,9	3,1
MIS 0656-220	3,4	3,6	2,9	3,4	3,3
Ayamurasaki	3,8	3,6	3,4	3,4	3,3
Antin 1	3,6	3,1	3,5	3,7	3,6

Skor kesukaan terhadap warna, rasa dan tekstur:
1. Sangat tidak suka 2. Tidak suka 3. Agak suka 4. Suka 5. Sangat suka
Skor tekstur: 1. Sangat keras 2. Keras 3. Agak keras 4. Lunak/*mempur* 5. Sangat lunak/*mempur*
Skor kesan berserat: 1. Sangat berserat 2. Berserat 3. Agak berserat 4. Tidak berserat 5. Sangat tidak berserat

Kesan Berserat

Menurut panelis, umbi kukus dari 12 klon/varietas ubijalar agak berserat hingga tidak berserat saat dikonsumsi. Beberapa klon yang kadar seratnya relatif tinggi, seperti MIS 0614-02, MIS 0612-73, dan MIS 0601-22, dinilai agak berserat oleh panelis. Klon MSU 06014-51 memiliki skor tidak berserat tertinggi, diikuti oleh MSU 06046-74 dan MIS 0601-179. Klon MSU 06044-05 memiliki total skor tertinggi untuk tingkat kesukaan terhadap warna, rasa dan tekstur, diikuti oleh klon MIS 0601-179 yang sama skornya dengan Ayamurasaki, dan MSU 06028-71.

KESIMPULAN

1. Tingkat kecerahan warna daging umbi (L*) berkorelasi negatif dengan total antosianin (R^2 = 0,81) yang berkisar antara 1,86-123,92 mg, setara sianidin 3-glukosida/100 g bb. Tiga klon memiliki total antosianin lebih tinggi daripada varietas Ayamurasaki (70,41mg/100 g bb), yakni MSU 06046-48, MSU 06028-71, dan MIS 0601-179 sehingga berpeluang untuk diusulkan sebagai calon varietas kaya antosianin. Klon MIS 0601-179 memiliki kadar bahan kering dan pati tertinggi (40,1% dan 66,6% bk), sehingga sesuai untuk bahan baku tepung.
2. Klon MSU 06044-05 (kuning keunguan) paling disukai warna, tekstur dan rasa umbi kukusnya, diikuti oleh klon MIS 0601-179, varietas Ayamurasaki, dan klon MSU 06028-71 (ketiganya berwarna ungu). Rasa umbi kukus klon MSU 06046-48 (kadar antosianin tertinggi) kurang disukai karena agak pahit/sepat, sehingga perlu alternatif pengolahan selain dikukus.

DAFTAR PUSTAKA

Antarlina, S.S. 1997. Karakteristik ubijalar sebagai bahan tepung dalam pembuatan kue *cake*. hlm. 188-204. *Dalam* Budijanto, S., F. Zakaria, R. Dewanti-Hariyadi, B. Satiawiharja (Ed). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan Denpasar 16-17 Juli 1997. PATPI-Menpangan RI.

Badan Standarisasi Nasional. 1992. Cara uji makanan dan minuman (SNI 01-2891-1992). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 35p.

Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 2012. Deskripsi varietas unggul kacang-kacangan dan umbi-umbian. Balitkabi Malang. 179p.

Benesi, I.R.M., M.T. Labuschagne, A.G.O. Dixon, and N.M. Mahungu. 2004. Stability of native starch quality parameters, strach extraction and root dry matter of cassava genotypes in different environments. J. Sci. Food Agric. 84:1381-1388.

Boo, H.O., S.J. Hwang, C.S. Bae. S.H. Park, B.G Heo and S. Gorinstein. 2012. Extraction and characterization of some natural plant pigments. Industrial Crops and Products 40:129-135.

Castaneda-Ovando, A., M.L. Pacheco-Hernandez, M.E. Paez-Hernandez, J.A. Rodriguez, and A. Galan-Vidal. 2009. Chemical studies of anthocyanins: A Review. Food Chem. 113:859-871.

Cevallos-Casals, B.A. and L. Cisneros-Zevallos. 2002. Bioactive and functional properties of purple sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). Acta Hort. 583:195-203.

Cevallos-Casals, B.A. and L. Cisneros-Zevallos. 2004. Stability of anthocyanins based aqueous extracts of Andean purple corn and red-flesh sweet potato compared to synthetic and natural colorants. Food Chem. 86:69-77.

Cho, J., J.S. Kary, P.H. Long, J. Jing, Y. Back, and K.S. Chung. 2003. Antioxidant and memory enhancing effects of purple sweet potato anthocyanin and cardyceps mushroom extract. Arch. Pharm. Res. 26(10):821-825.

Choi, J.H., C.Y. Choi, and K.J. Lee. 2009. Hepatoprotective effects of an anthocyanin fraction from purple-fleshed sweet potato against acetaminophen-induced liver damage in mice. J. Med. Food 12(2):320-326.

Cisneros-Zevallos, L. and B.A. Cevallos-Casals. 2003. Stioichimetric and kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn nad red-fleshed sweet potato. J. Agric. Food Chem. 51:3313-3319.

Fan, G., Y. Han, Z. Gu, and D. Chen. 2008. Optimizing conditions for anthocyanins extraction from purple sweet potato using response surface methodology (RSM)**.** LWT-Food Sci. Technol. 41(1): 155-160.

Ginting, E., Y. Widodo, S.A. Rahayuningsih, dan M. Jusuf. 2005. Karakteristik pati beberapa varietas ubijalar. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 24 (1):9-18.

Ginting, E. , M. Jusuf, St. A. Rahayuningsih, Y. Widodo, Ratnaningsih, A. Krisnawati, dan Suprapto. 2006a. Pemanfaatan ubijalar kaya antosianin dan beta karoten. Laporan Teknis Penelitian APBN No: E.5 /ROPP/APBN/2006. Balitkabi Malang. 38p.

Ginting, E., S.S. Antarlina, J.S. Utomo, dan Ratnaningsih. 2006b. Teknologi pasca panen ubijalar mendukung diversifikasi pangan dan pengembangan agroindustri. Buletin Palawija (11):15-28.

Ginting, E., M. Jusuf, dan St. A. Rahayuningsih. 2008. Sifat fisik, kimia dan sensoris delapan klon ubijalar kuning/orange kaya beta karoten. hlm 392-405. *Dalam* N. Saleh, A.A. Rahmianna, Pardono, Samanhudi, C. Anam, dan Yulianto (Ed). Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Kacang-kacangan dan Umbi-umbian: Prospek Pengembangan Agro Industri Berbasis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Fak. Pertanian UNS, Solo-Balitkabi-BPTP Jawa Tengah.

Ginting, E. and J.S. Utomo. 2011. Anthocyanins and total phenolic contents of purple-fleshed sweet potato cultivars and their antioxidant activity. p.101-114. *In* B. Kusbiantoro, L.K. Darusman, S. Budianto and N. Bermawie (Eds). Proceedings of the International Conference on Nutraceuticals and Functional Foods in Denpasar, Bali on 12-15 October 2010. Indonesian Centre for Rice Research, AARD. Jakarta.

Ginting, E., J.S. Utomo, R. Yulifianti, dan M. Jusuf. 2011. Potensi ubijalar ungu sebagai pangan fungsional. Iptek Tanaman Pangan 6(1) :116-138.

Howard, L.R., J.R. Clark, and C. Brownmiller. 2003. Antioxidant capacity and phenolic content in blueberries as affected by genotype and growing season. J Sci. Food. Agric. 83(12):1238-1247.

Huang, C.L., W.C. Liao, C.F. Chan, and Y.C. Lai. 2010. Optimization for the anthocyanin extraction from purple sweet potato roots using response surface methodology. J. Taiwan Agric. Res. 59(3):143-150.

Husna, N.E., M. Novita, dan S. Rohaya. 2013. Kandungan antosianin dan aktivitas antioksidan ubijalar ungu segar dan produk olahannya. Agritech. 33(3):296-302.

Hwang, Y.P., J.H. Choi, H.J. Yun, E.H. Han, H.G. Kim, H.H. Park, T. Khanal, J.M. Choi, Y.C. Chung, and H.G. Jeong. 2011. Anthocyanins from purple sweet potato attenuate dimethylnitrosamine-induced liver injury in rats by inducing Nrf2-mediated antioxidant enzymes and reducing COX-2 and iNOS expression. Food Chem. Toxicol. 48(1):93-99.

Iversen, C.K. 1999. Black currant nectar: Effect of processing and storage on anthocyanin and ascorbic acid content. J. Food Sci. 64:37-41.

Jang, Y.P., J. Zhou, K. Nakanishi, and J.R. Sparrow. 2005. Anthocyanins protect againts A2E photooxidation and membrane permeabilization in retinal pigment epithelial cells. Photochem. Photobiol. 81:529-536.

Jawi, I.M. dan K. Budiasa. 2011. Ekstrak air umbi ubijalar ungu menurunkan total kolesterol serta meningkatkan total antioksidan darah kelinci. Jurnal Veteriner 12(2):120-125.

Jusuf, M. S.A. Rahayuningsih T.S. Wahyuni, dan S. Pambudi. 2004. Analisis interaksi genotipe x lingkungan klon harapan ubijalar dengan kandungan antosianin dan beta karoten tinggi. Laporan Teknis Penelitian Balitkabi Malang Tahun 2004. 27p.

Kano, M., T. Takayanagi, and K. Harada. 2005. Antioxidative activity of anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki. Biosci. Biotechnol. Biochem. 69(5):979-988.

Kim, S.H. and S.K. Kim. 2003. Effect of nitrogen on cell growth and anthocyanin production in callus and cell suspension culture of 'Sheridan' grapes. J. Plant Biotechnol. 4(2):83-89.

Kobayashi, M., T. Oki, M. Masuda, S. Nagai, K. Fukui, K. Matsugano, and I. Suda. 2005. Hypotensive effect of anthocyanin-rich extract from purple-fleshed sweet potato cultivar '*Ayamurasaki*' in spontaneously hypertensive rats. J. Japanese Society Food Sci. Technol. 52:41-44.

Kwak, J.H., G.N. Choi, J.H. Park. J.H. Kim, H.R. Jeong, C.h. Jeong, and H.J. Heo. 2010. Antioxidant and neuronal cell protective effect of purple sweet potato extract. J. Agric. Life Sci. 44:57-66.

Lee, J., R.W. Durst, and R.E. Wrolstad. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative Study. J. AOAC Int. 88(5):1269-1278.

Lestario, L.N., P. Hastuti, S. Rahardjo, dan Tranggono. 2005. Sifat antioksidatif ekstrak buah duwet (*Syzygium cumini*). Agritech. 25(1):24-31.

Lim, S., J. Xu, J. Kim, T. Chen. X. Su, J. Standard, E. Carey, J. Griffin, B. Herndon, B. Katz, J. Tomich, and W. Wang. 2013. Role of anthocyanin-enriched purple-fleshed sweet potato P40 in colorectal cancer prevention. Molecular Nutrition and Food Research on line 19 June 2013. http://onlinelibrary-wiley-com/doi/10.1002/mnfr201300040/abstract (accessed on 17 November 2013).

Matsui, T., S. Ebuchi, , M. Kabayashi, K. Fukui, K. Sugita, N. Terahara, and K. Matsumoto. 2002. Anti-hyperglycemic effect of dyacylated anthocyanin derived from *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki can be achieved through the á-glucosidase inhibitory action. J. Agric. Food Chem. 50:7244-7248.

Mei, Z.H. and Z. Meng. 2009. Study on chemical constituents and antioxidant activity of anthocyanins from *Ipomoea batatas* L. (purple sweet potato). Chem. Industry Forest Prod. 29(1):39-45.

Miyazaki, K., K. Makino, E. Iwadate, Y. Deguchi, and F. Ishikawa. 2008. Anthocyanins from purple sweet potato *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki suppress the development of atherosclerotic lesions and both enhancements of oxidative stress and soluble vascular cell adhesion molecule-1 in apolipoprotein E-deficient mice. *J. Agric. Food Chem.* 56 (23):11485-11492.

Montilla, E.C., S. Hillebrand, D. Butschbach, S. Baldermann, N. Watanabe, and P. Winterhalter. 2010. Preparative isolation of anthocyanins from Japanese purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) varieties by high-speed countercurrent chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 58 (18): 9899-9904.

Montilla, E.C., S. Hillebrand, and P. Winterhalter. 2011. Anthocyanins in purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) varieties. Fruit Veg. Cereal Sci. Biotechnol. 5(2):19-24.

Noda, N. and Y. Horiuchi. 2008. The resin glycosides from sweet potato (*Ipomoea batatas* L. LAM.). Chem. Pharm. Bull. (Tokyo) 56(11):1607-1610.

Oki, S., M. Masuda, S. Furuta, Y. Nishiba, N. Terahara, and I. Suda. 2002. Involvement of anthocyanins and other phenolic compounds in radical-scavenging activity of purple- fleshed sweet potato cultivars. J. Food Sci. 67 (5):1752-1756.

Philpott, M., K.S. Gould, C. Lim, and L.R. Ferguson. 2004. In situ and in vitro antioxidant activity of sweetpotato anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.* 52 (6): 1511-1513.

Rumbaoa, R.G.O., D.F. Cornago, and I.M. Geronimo. 2009. Phenolic content and antioxidant capacity of Philippine sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties. Food Chem. 113:1133-1138.

Saigusa, N., N. Terahara, and R. Ohba. 2005. Evaluation of DPPH-radical-scavenging activity and antimutagenicity and analysis of anthocyanins in an alcoholic fermented beverage produced from cooked or raw purple-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* cv. Ayamurasaki) roots. Food Sci. Technol. Res. 11(4):390-394.

Soyoung, L. 2012. Anthocyanin-enriched purple sweet potato for colon cancer prevention. PhD Dissertation. K-RE-x State Electronic Thesis, Dissertations, and Reports of Kansas State University, USA. http://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/13719 (accessed on 17 October 2013).

Steed, L.E. 2007. Nutraceutical and rheological properties of purple-fleshed sweetpotato purees as affected by continuous flow microwave-assisted aseptic processing. Master's Thesis. North Carolina State University Raleigh, NC. 133 pp.

Steed, L.E., and V. Truong. 2008. Anthocyanin content, antioxidant activity and selected physical properties of flowable purple-fleshed sweetpotato purees. J. Food Sci. 73(5):S215-S221.

Suda, I., T. Oki, M. Masuda, M. Kobayashi, Y. Nishiba, and S. Furuta. 2003. Physiological functionality of purple-fleshed sweet potatoes containing anthocyanins and their utilization in foods. JARQ 37(3):167-173.

Suda, I., F. Ishikawa, M. Hatakeyama, M. Miyawaki, T. Kudo, K. Hirano, A. Ito, O. Yamakawa, and S. Horiuchi. 2008. Intake of purple sweet potato beverage affects on serum hepatic biomarker levels of healthy adult men with borderline hepatitis. Euro. J. Clinic. Nutr. 62: 60-67.

Suprapta, D.N., M. Antara, N. Arya, M. Sudana, A.S. Duniaji, dan M. Sudarma. 2004. Kajian aspek pembibitan, budidaya dan pemanfaatan umbi-umbian sebagai sumber pangan alternatif. Laporan Hasil Penelitian Kerjasama Bapeda Propinsi Bali-Universitas Udayana, Denpasar.

Teow, C.C., V.D. Truong, R.F. McFeeters, R.L. Thompson, K.V. Pecota, and G.C. Yencho. 2007. Antioxidant activities, phenolic and -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. Food Chem. 103:829-838.

Truong, V.D., N. Deighton, R.T. Thompson, R.F. McFeeters, L.O. Dean, K.V. Pecota, and G.C. Yencho. 2010. Characterization of anthocyanins and anthocyanidins in purple-fleshed sweetpotatoes by HPLC-DAD/ESI-MS/MS. J. Agric. Food Chem. 58:404-410.

Truong, V.D., Z. Hu, R.L. Thompson, G.C. Yencho, and K.V. Pecota. 2012. Pressurized liquid extraction and quantification of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato genotypes. J. Food Comp. Anal. 26:96-103.

Utomo, J.S. 2009. Development of Restructured Sweetpotato French-Fry-Type Product. Thesis Doctor of Philosophy. Universiti Putra Malaysia. Kuala Lumpur. 229 pp.

Utomo, J.S. dan E. Ginting. 2012. Komposisi kimia. hlm. 271-301. *Dalam* J. Wargiono dan Hermanto (Ed). Ubijalar: Inovasi Teknologi dan Prospek Pengembangan. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.

Wang, Y.J., Y.L. Zheng, and J. Lu. 2010. Purple sweet potato color suppresses lipopolysaccharide-induced acute inflammatory response in mouse brain. Neurochem Int. 56(3):424-30.

Wang, S.M., D.J. Yu, and K.B. Song. 2011. Quality characteristics of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*) slices dehydrated by the addition of maltodextrin. Hort. Environ. Biotechnol. 52(4):435-441.

Woolfe, J.A. 1992. Sweet potato an untapped food resource. Cambridge University Press. 643 pp.

Wrolstad, R.E. 2004. Anthocyanin pigments—Bioactivity and coloring properties. J. Food Sci. 69(5):C419-C425.

Wu, D., J. Lu, Y. Zheng, Z. Zhou, Q. Shan, and D. Ma. 2008. Purple sweetpotato color repairs D-galactose-induced spatial learning and memory impairment by regulating the expression of synaptic proteins. Neurobiology of Learning and Memory 90:19-27.

Yamakawa, O and M. Yashimoto. 2002. Sweetpotato as food material with physiological functions. Acta Hort. 583:179-185.

Yoshinaga, M., M. Tanaka and M. Nakatani. 2000. Changes in anthocyanin content and composition of developing storage root of purple-fleshed sweet potato *(Ipomoae batatas* (L.) Lam). Breeding Sci. 50:59-64.

Zhang, Z.F., S.H. Fan, and Y.L. Zheng. 2009. Purple sweet potato color attenuates oxidative stress and inflammatory response induced by d-galactose in mouse liver. Food Chem Toxicol. 47(2):496-501.